



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

Proyecto de Innovación y Mejora de la Calidad Docente

Convocatoria 2015

Nº de proyecto: 43

Título del proyecto: APLICACIONES DE LAS INVESTIGACIONES SOBRE
DEGRADACIÓN MEDIOAMBIENTAL Y SELLADO DE SUELOS A LA DOCENCIA
DE LA GEOGRAFÍA

Nombre del responsable del proyecto: MARÍA DEL PILAR GARCÍA RODRÍGUEZ

Centro: FACULTAD DE GEOGRAFÍA E HISTORIA

Departamento: ANÁLISIS GEOGRÁFICO REGIONAL Y GEOGRAFÍA FÍSICA

1. OBJETIVOS PROPUESTOS EN LA PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

El objetivo principal es trasvasar los conocimientos adquiridos en la realización del proyecto de investigación “Consecuencias ambientales y socioeconómicas del sellado de suelo en la comunidad de Madrid y áreas limítrofes. Estudio mediante teledetección y sistemas de información geográfica”, financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología, a la docencia de alumnos de Grado, Máster y Doctorado.

Por ello, uno de los objetivos es que los alumnos puedan aplicar las metodologías y tecnologías que han aprendido en sus estudios, y las que se han utilizado en las investigaciones que hemos realizado estos años, a diferentes casos y ejemplos concretos introduciendo además algunas novedades en la tecnología..

Creemos importante destacar que en este proyecto, buscando las aplicaciones de las técnicas más actualizadas y avanzadas, se introduce la novedad de analizar imágenes obtenidas desde un dron sobre las áreas que previamente se habían estudiado mediante fotointerpretación y teledetección, con el fin de que pueda hacerse un estudio comparativo de sus posibilidades de aplicación, ventajas y desventajas.

Para ello se plantean también los siguientes objetivos:

- Seleccionar aquellos aspectos más relevantes que puedan resultar útiles a los alumnos para su formación
- Inculcar a los alumnos la importancia de la investigación para mejorar la docencia y de la docencia para mejorar la investigación
- Trabajar en áreas en las que ya se tiene un conocimiento detallado y actualizado del medio físico, la influencia antrópica y los problemas medioambientales para que puedan analizar y discutir las ventajas y desventajas de las distintas técnicas de investigación.
- Iniciarse en la interpretación de imágenes con dron utilizando distintos intervalos del espectro electromagnético.
- Elaborar material de apoyo que pueda ser utilizado en los numerosos trabajos de campo que se realizan en los Grados y Másteres impartidos en la Facultad y en el desarrollo de las asignaturas propias de Teledetección y SIG.

2. OBJETIVOS ALCANZADOS

- Se ha seleccionado un área de estudio en el Sur de la Comunidad de Madrid
- Se han realizado varias salidas a la zona de estudio para analizar los procesos de erosión en las cárcavas y tomar muestras de horizontes superficiales del suelo.
- Se han realizado varios vuelos con un dron propiedad de la Facultad de Matemáticas de la UCM y pilotado por personal del CAI de Arqueología de la UCM.
- Se han interpretado las imágenes obtenidas con cámara convencional, espectro visible.

- Se han comparado con fotografías aéreas extraídas del servidor de la Comunidad de Madrid, para ver la evolución de los procesos de erosión.
- Se han comparado con imágenes de satélite. Estas imágenes han sido, las más antiguas, obtenidas del servidor de la Comunidad de Madrid. Las recientes se han bajado del servidor del IGN y se han tratado mediante el programa Erdas Imagine con el fin de mejorar su resolución visual y digital.
- Se han realizado análisis químicos de las muestras de suelo en el Laboratorio de geografía Física de la UCM.
- Mediante Sistemas de información geográfica se han superpuesto los mapas de Asociaciones de Suelos y Mapa de Capacidad Potencial de uso agrícola con las zonas afectadas por erosión.
- Se han interpretado los resultados obtenidos
- Se propone continuar con esta línea de investigación y abrir una nueva línea utilizando imágenes del dron con cámara multispectral que obtenga imágenes en el infrarrojo cercano.

3. METODOLOGÍA EMPLEADA EN EL PROYECTO

Se han utilizado cartografía temática y fotografías aéreas de la serie histórica y actual facilitadas por la Comunidad de Madrid en la página <http://www.madrid.org> e imágenes del satélite Landsat y Spot-5 del 26 de junio de 2011 y 29 de noviembre de 2011 respectivamente, obtenidas del Instituto Geográfico Nacional (Plan Nacional de Teledetección). Las imágenes Spot y Landsat se han tratado con el programa Erdas Imagine-2013, efectuándose diferentes mejoras espectrales (NDVI, componentes principales y mezcla de bandas), espaciales (mezcla de resolución entre pancromática y multispectral y filtros de convolución) y radiométricas (ecualización del histograma). También se han realizado fotografías en el campo y obtenido imágenes con un dron al que se le ha acoplado una cámara fotográfica.

Para conocer los suelos del área estudiada se han tomado varias muestras en Cotorredondo y se ha calculado la media de los datos analíticos. Este suelo corresponde a un Regosol eútrico. Se ha medido la textura (método internacional de la pipeta de Robinson), pH (pasta saturada en agua y KCl), materia orgánica (método de Walkley y Black), carbonatos (calcímetro de Bernard) y conductividad eléctrica (extracto acuoso del suelo a la relación suelo/agua 1:1).

Dron utilizado para tomar imágenes:



Por etapas la metodología utilizada ha sido:

- Selección del área de estudio en la Comunidad de Madrid
- Toma de muestras en el campo
- Selección de la información bibliográfica y cartográfica
- Para elaborar el material docente se han utilizado imágenes tomadas con un dron mediante una cámara con canales del espectro visible.
- Fotointerpretación
- Selección de imágenes de los satélites Landsat y Spot.
- Tratamiento visual y digital de las imágenes mediante el programa ERDAS Imagine. Mejoras espaciales, espectrales y radiométricas
- Realización de clasificaciones supervisadas.
- Inclusión de datos en un Sistema de Información Geográfica mediante la utilización del programa ArcGis
- Comparación y análisis de ventajas y desventajas de las distintas técnicas.
- Análisis químico de las muestras en el laboratorio
- Interpretación de resultados. Evaluación
- Elaboración del material didáctico
- Difusión en el Campus Virtual
- Difusión en congresos de la especialidad

4. **RECURSOS HUMANOS**

- M^a Pilar García Rodríguez: dirección del equipo, Revisión bibliográfica y cartográfica. Interpretación de imágenes de dron y satélite Estudios de degradación de suelos y teledetección. Especialista en Teledetección y Edafología.Redacción de la Memoria final del proyecto.

- M^a Eugenia Pérez González : revisión bibliográfica y cartográfica, selección de imágenes de satélite y dron, análisis e interpretación mediante teledetección, trabajo de campo. Cartografía de sellado de suelos. Especialista en Teledetección, Climatología y estudio de humedales.
- Juan José Sanz Donaire: revisión bibliográfica y cartográfica, trabajo de campo, análisis e interpretación de fotografías aéreas. Cartografía geomorfológica. Especialista en Fotointerpretación, Geomorfología e Hidrología.
- Ángel Navarro Madrid: revisión bibliográfica y cartográfica, trabajo de campo, descripción de fotografías convencionales. Cartografía urbana. Especialista en Análisis Geográfico Regional.
- José María García Alvarado: revisión bibliográfica y cartográfica, trabajo de campo Especialista en Análisis Geográfico Regional y Cartografía.I.
- M^a Manuela Redondo García: revisión bibliográfica y cartográfica, trabajo de campo, análisis e interpretación de fotografías aéreas. Cartografía de la vegetación. Especialista en Fotointerpretación y Biogeografía.
- Antonio Guerra: fotointerpretación

Todos los miembros del grupo participarán en la elaboración del material didáctico

5. DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES

Mayo: elección área de estudio, toma de muestras y selección de material cartográfico.

Mayo: trabajo de campo. Vuelo del dron. Análisis de laboratorio

Junio-julio: tratamiento de imágenes

Septiembre-octubre-noviembre: interpretación de datos, evaluación, elaboración del material didáctico

Diciembre ,enero: redacción de la memoria

6. ANEXOS

INTRODUCCIÓN

Una de las acusaciones más comunes que se hacen a las Universidades españolas es la falta de relación y sincronización entre investigación y docencia, que parecen ir por diferentes caminos o con escasas sinergias entre ambas, de manera que los alumnos raramente se benefician de las investigaciones que se realizan.

Los miembros del equipo que integran este proyecto están trabajando desde el año 2013 en el Proyecto “Consecuencias ambientales y socioeconómicas del sellado de suelo en la comunidad de Madrid y áreas limítrofes. Estudio mediante teledetección y sistemas de información geográfica”, financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología. Además, en estos tres años hemos obtenido proyectos PIMCD, que han permitido la publicación de tres guías prácticas aplicadas a técnicas geográficas importantes y necesarias en la actualidad: teledetección, fotointerpretación y SIG.

Por estas razones consideramos que este es el momento adecuado, y el proyecto el vehículo que lo facilite, para unir investigación y docencia, y poder ofrecer a los alumnos sus métodos y técnicas, y secundariamente a otros estudios.

El proyecto tiene como objetivo fundamental que los alumnos de Grado y Máster puedan aplicar las metodologías y tecnologías que han aprendido en sus estudios, y las que se han utilizado en las investigaciones que hemos realizado estos años, a diferentes casos y ejemplos concretos.

Creemos importante destacar que en este proyecto, buscando las aplicaciones de las técnicas más actualizadas y avanzadas, se introduce la novedad de analizar imágenes obtenidas desde un dron sobre las áreas que previamente se habían estudiado mediante fotointerpretación y teledetección, con el fin de que pueda hacerse un estudio comparativo de sus posibilidades de aplicación, ventajas y desventajas.

La Universidad Complutense de Madrid dispone de un dron (Facultad de Matemáticas) y de la posibilidad de que lo vuele personal autorizado que cumpla los requisitos exigidos por la legislación actual. El CAI de Arqueología de la Facultad de Geografía e Historia tiene personal capacitado para ello, lo que nos permite establecer una relación entre distintos departamentos de la facultad y aprovechar los importantes recursos, tanto humanos como de infraestructuras, de los que dispone esta Universidad. Dada nuestra experiencia en el tratamiento de imágenes de satélite y fotointerpretación (avalados por la concesión de tres PIMCD en los años anteriores y la consiguiente publicación de Guías didácticas sobre Teledetección y Fotointerpretación) y en la docencia de asignaturas relacionado con las mismas, es el momento de unir esfuerzos entre los distintos especialistas con el fin de elaborar material que redunde en beneficio de nuestros alumnos.

El área de estudio se centra en la Comunidad de Madrid en sectores muy degradados por acción antrópica. Mediante trabajo de campo, imágenes tomadas por un dron, imágenes de satélite y fotografía aérea se analizarán los procesos de degradación y los cambios acaecidos en los últimos años utilizando un Sistema de Información Geográfica para manejar toda la información cartográfica. El material didáctico resultante incluirá pues una gran variedad de fuentes cartográficas y una comparación de todas ellas siguiendo un proceso de análisis territorial paso a paso con el fin de que los alumnos comprendan la importancia de un buen conocimiento del terreno, de la necesidad de manejar distintas fuentes y técnicas y de disponer de datos fiables con el fin de obtener cartografía con alto nivel de precisión. Para todo ello es imprescindible la colaboración de equipos multidisciplinares.

El empleo de las imágenes de satélite en estudio y gestión del medio ambiente es muy frecuente desde los años ochenta. Resultan muy útiles y asequibles cuando la

escala de trabajo no requiere una altísima resolución espacial. Sin embargo, cuando ésta es necesaria, se encuentra muy condicionado por el alto precio y la disponibilidad de las imágenes. El desarrollo de los drones (VANT vehículos aéreos no tripulados) (UAV Unmanned Aircraft Vehicle) posibilita el desarrollo de una teledetección con alta resolución espacial.

El término dron proviene de la palabra drone (en inglés) que significa zángano. Aunque el desarrollo de estos vehículos se inició con fines militares, en la segunda guerra mundial, sin embargo no es hasta finales del siglo XX que comienzan a utilizarse con fines civiles, alcanzando su apogeo en los últimos años. Algunos de sus usos son: control de incendios, seguridad, agricultura de precisión, análisis de procesos erosivos, uso de suelo, etc.

Estas plataformas pueden llevar, al igual que lo hacen los satélites, diversos sensores multiespectrales o cámaras fotográficas. Dependiendo del tipo de sensor tendrán distinta resolución espectral. La resolución espacial viene condicionada también por la altura del vuelo.

Según Díaz Cervignon (2015) el dron es una aeronave sin tripulación a bordo, con unas características técnicas excepcionales para realizar vuelos, controlada remotamente por un piloto mediante un sistema de control. Estos tienen dos segmentos claramente definidos:

- Segmento de Vuelo: Formado por el Vehículo Aéreo y los sistemas de recuperación (aterrizaje sobre ruedas o patines, red, cable, paracaídas...).
- Segmento de Tierra: Formado por la Estación de Control (está en tierra y recibe la información enviada por los drones y a su vez les dan órdenes) y los sistemas Lanzador (pueden ser hidráulicos, neumáticos, etc.).

La observación aérea mediante vehículos aéreos no tripulados conlleva la formación de cuatro conjuntos, necesarios para hacer posible la recogida de datos, repartidos entre la plataforma aérea y la estación terrestre.

- Plataforma de Vuelo: el propio vehículo y su carga, es decir, la cámara fotográfica y otros sensores.
- Sistema de Control de Vuelo: Formado por receptores GPS+EGNOS integrados en la plataforma de vuelo. Georreferencia la información obtenida y controla el seguimiento del vehículo aéreo.
- Sistema de Lanzamiento y Recuperación: controla el despegue y el aterrizaje.
- Sistema de Comunicaciones: a través de la radio, comunica la estación de control con el UAV, transmite la información adquirida durante el vuelo.

El vehículo utilizado en nuestro estudio, propiedad de la facultad de Matemáticas de la UCM es un aparato de ala rotatoria en el que las fuerzas de sustentación se logran mediante el giro de las hélices en el aire.



Fig. 1. Dron utilizado para tomar imágenes

Las características son:

- Despegue y aterrizaje vertical, reduciendo las necesidades de espacio para las maniobras de aterrizaje y despegue.
- Buena maniobrabilidad y precisión de vuelo, ya que puede volar siguiendo cualquier trayectoria en tres dimensiones.

Los sensores utilizados son:

- cámara de fotos: espectro visible RVA
- infrarrojo cercano

Los drones tienen ventajas y desventajas (Díaz Cervignon, 2015) respecto a otros sistemas de teledetección:

Ventajas Generales:

- Producción: incremento de la producción respecto a otros métodos tradicionales de trabajo, ya sea por topografía clásica o fotogrametría.

- Bajo coste: Estos sistemas, son mucho más económicos y además ofrecen idénticas prestaciones, que aquellos que emplean aeronaves tripuladas.
- Tiempo: Notable reducción en el tiempo empleado para la obtención de datos.
- Movilidad: El sistema puede trasladarse y operar con eficiencia en la casi la totalidad del territorio nacional donde se requiera su empleo.
- Versatilidad: Este sistema, como medio de obtención de información en tiempo real, puede ser puesto en práctica, para multitud de tareas ya se trate de accidentes, incendios, etc. Además tiene la gran ventaja de poder volar justo en el momento que se desee, siempre y cuando las condiciones meteorológicas lo permitan, no siendo necesario ordenar con bastante antelación como es en el caso de imágenes procedentes de aviones convencionales.
- Durabilidad: Es capaz de permanecer "en observación" durante de más de 30 minutos.
- Accesibilidad: Debido autonomía que presenta permite la realización de trabajos en zonas de accesibilidad reducida.
- Altas resoluciones: Capacidad de volar a poca altura permitiendo capturar imágenes con una gran resolución (Pocos centímetros por pixel).

Reducción de riesgo e impacto ambiental: Al trabajar con aeronaves sin tripulación.

Desventajas Generales:

- Imposibilidad de trabajar en condiciones meteorológicas desfavorables: vientos superiores a 30m/sg., lluvia o nieve.
- Imposibilidad de realizar vuelos en zonas urbana o con proximidad de población.
- Imposibilidad de realizar vuelos nocturnos.
- Poca autonomía de los UAS/RPAS.
- Las superficie recubierta en los vuelos mediante estas plataformas, son menores que los que se pueden obtener a partir de teledetección o aviones tripulados.
- Los sensores tienen menores resoluciones espectrales.
- Riesgos a la hora de realizar las operaciones debido a falta de cobertura por parte de las compañías de seguros, cubriendo solo mediante un seguro a terceros a estas plataformas.
- Falta de adecuación de una normativa clara.

La teledetección permite localizar las áreas selladas y hacer un seguimiento continuado de los cambios acaecidos, si bien, en ocasiones, es complicado delimitar con

exactitud su extensión salvo que se disponga de imágenes de alta resolución espacial. Este inconveniente se trata de paliar con la información obtenida de fotografías aéreas de gran escala y verificación de la verdad terreno. No obstante, la menor resolución temporal de los vuelos fotogramétricos frente a la actualización constante de imágenes satelitales nos anima a realizar propuestas de detección de sellado de suelos mediante tratamiento de imágenes de satélite.

La cartografía del sellado a través de imágenes no siempre es sencilla debido a la heterogeneidad de las superficies construidas, muchas veces mezcladas con espacios naturales, y a las diferentes características de las construcciones: viviendas, naves industriales, vías de comunicación, áreas de recreo, etc. Numerosos autores han tratado de solucionar este problema proponiendo distintos métodos de análisis, si bien el resultado varía mucho dependiendo de la precisión requerida y del ámbito de estudio.

AREA DE ESTUDIO

En el presente estudio se ha seleccionado un área piloto en el centro de España, en el Sur de la Comunidad de Madrid, dentro de la Cuenca del río Guadarrama, entre los términos municipales de Batres y Arroyomolinos (Fig. 2 y 3). Los materiales geológicos que constituyen el sector estudiado están formados por sedimentos terciarios de arenas arcósicas con algunos niveles de gravas y arcillas (Fig. 3). Hay una clara disminución del tamaño de grano de las arenas, y un aumento de las arcillas, hacia los tramos bajos del río. El cauce discurre encajado en un suave valle flanqueado por retazos de múltiples niveles de terrazas; en las más altas dominan las gravas pero paulatinamente estas van haciéndose más arenosas aguas abajo. Hacia los tramos más bajos el valle se ensancha y se hace más suave quedando las terrazas muy desdibujadas. Cobran especial significado aquí los aportes de ladera y la removilización de material por los abanicos laterales, fundamentales para la alimentación del canal en momentos de riadas. La llanura de inundación no está bien definida y en su tramo bajo llega a tener 1km de anchura (Garzón y Alonso, 1996). Dos aspectos condicionan el riesgo de avenidas: este río no tiene bien definido el límite morfológico y sedimentológico entre el canal de aguas altas y su llanura de desbordamiento y sus orillas arenosas son muy inestables permitiendo su fácil removilización. Otro efecto significativo es el proceso de erosión subsuperficial en las orillas favorecido por su composición arenosa y las intercalaciones de material arcilloso, así como por la eliminación de la protección vegetal de éstas. El resultado es la formación en las riberas de cárcavas de varias decenas de metros de longitud sobre las que se asientan numerosas urbanizaciones (Sanz et al. 2014). Los suelos corresponden la mayoría a regosoles y árenosoles, con presencia puntual de luvisoles y cambisoles. Son suelos muy permeables y ha sufrido un gran incremento del sellado en las últimas décadas. La vegetación es la característica de áreas mediterráneas con predominio de encinas y un sotobosque de matorrales con una clara recuperación de la masa vegetal entre los años sesenta de pasado siglo y el año 2015, en los lugares que no están fuertemente antropizados, aunque puntualmente hay problemas de erosión que afectan a la estabilidad de los materiales neógenos y, por tanto, a las masas vegetales y suelos. Ésta se ha visto favorecida por el urbanismo sobre materiales

arenosos y el incremento de la escorrentía superficial originado por el agua de riego de las numerosas parcelas.

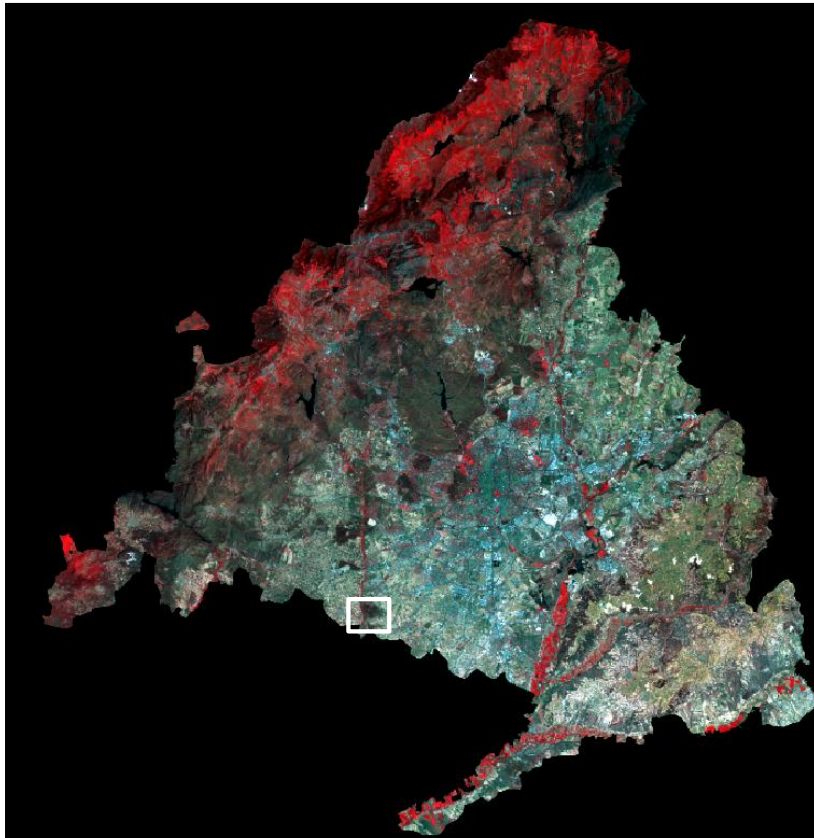


Fig. 2. Comunidad de Madrid: área de estudio. Imagen Landsat TM 26_06_2011. Bandas 4-3-2

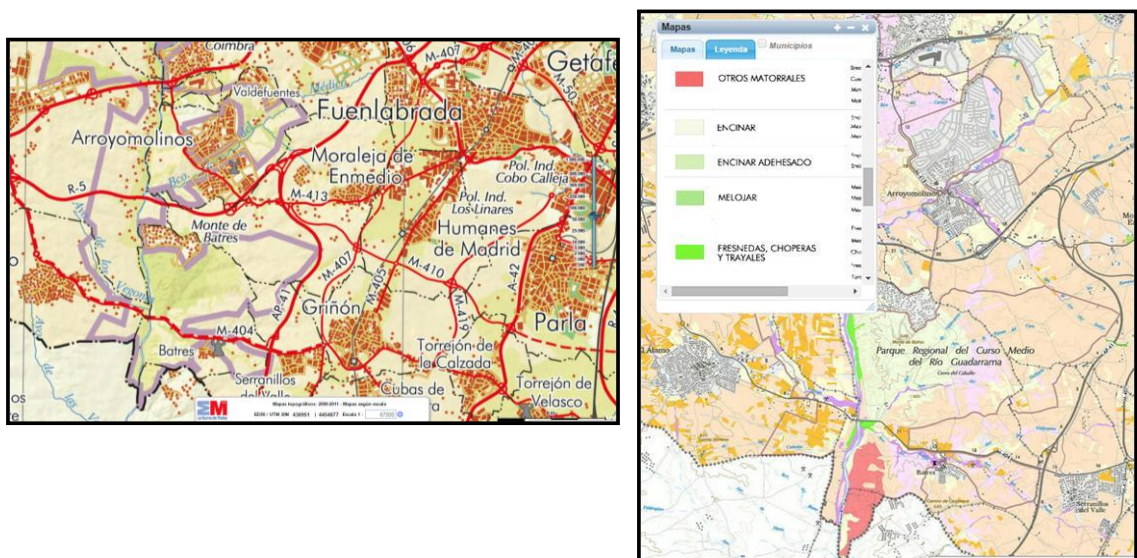


Fig. 3. Localización del área de estudio y mapa de usos del suelo. Fuente: www.madrid.org

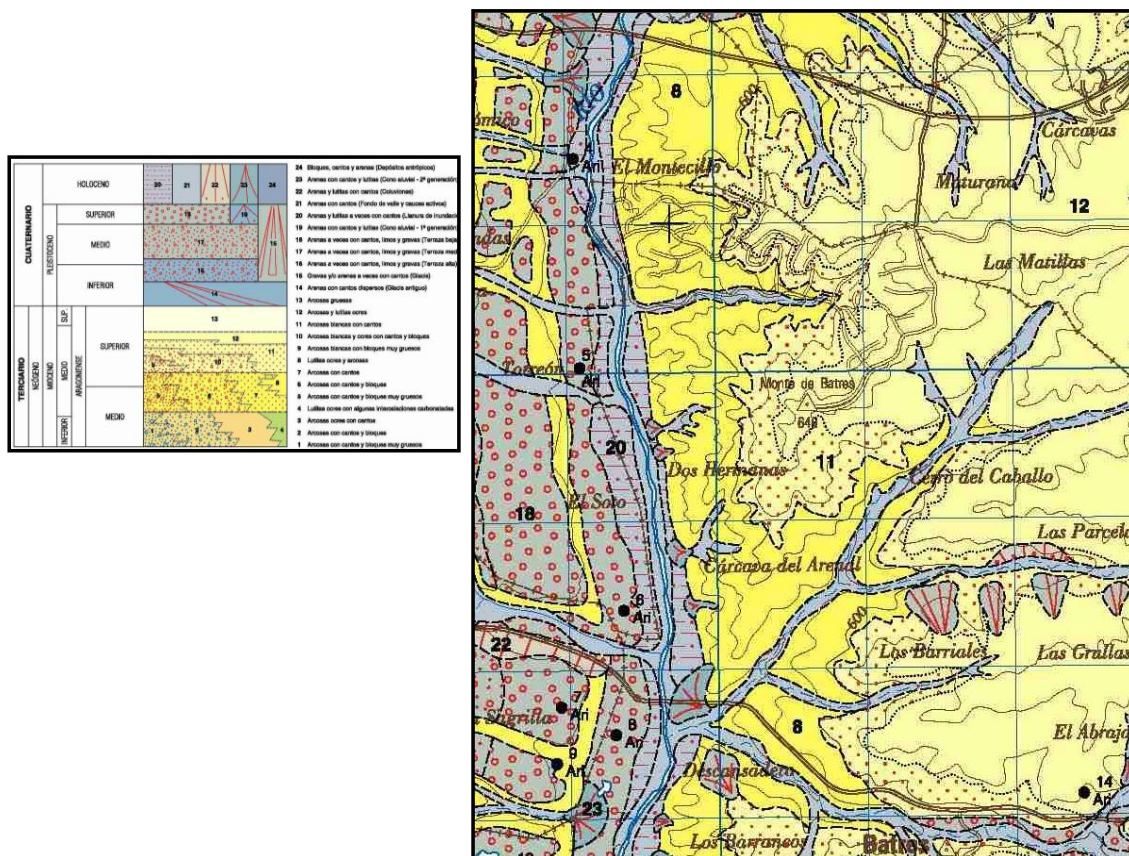


Fig 4. Litología del área de estudio, Mapa geológico, Hoja 581, Magna 50, Fuente: www.igme.es

Así, el paisaje característico de esta área es un paisaje acarcavado, que evoluciona de manera muy dispar dependiendo de la acción antrópica. El paraje conocido como “Las Cárcavas”, en la margen izquierda del río en el límite Sur de la Comunidad y protegido dentro del Parque Regional del curso medio del río Guadarrama, apenas ha sufrido modificaciones en los últimos cuarenta años e incluso tiene sectores con una mayor densidad de vegetación que contribuye a estabilizar las laderas.

Por el contrario, en las áreas que han experimentado un intenso sellado de suelos por urbanismo el proceso erosivo se ha visto muy acentuado. El movimiento de tierras necesario para la construcción de la red viaria y las edificaciones, junto al incremento del agua superficial por riego de parcelas produce una importante degradación del monte mediterráneo y una notable pérdida de sedimentos. Un ejemplo lo constituye la urbanización de Cotorredondo, construida a partir de los años setenta del siglo XX sobre cárcavas y que muestra problemas destacados de erosión (Sanz et al. 2014).

La fotografía aérea y las imágenes de satélite son una fuente de información de gran relevancia, tanto para estudiar procesos dinámicos y evolutivos en los usos del suelo, así como para programar iniciativas que mitiguen los riesgos geológicos asociados a áreas fuertemente antropizados. Sólo conociendo nuestro pasado y analizando cómo han afectado los cambios al medio natural podemos evitar la destrucción del entorno y el riesgo que ello implica para todos los seres vivos.

El objetivo, pues, de este estudio, es analizar una serie histórica de fotografías e imágenes de satélite hasta compararlas con las fotografías obtenidas en la actualidad por los drones. Estas fotografías realizadas con una cámara convencional corresponden al espectro visible. En investigaciones futuras se pretende analizar imágenes tomadas con una cámara multiespectral que incluya las longitudes de onda del microondas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se han utilizado cartografía temática y fotografías aéreas de la serie histórica y actual d facilitadas por la Comunidad de Madrid en la página <http://www.madrid.org> e imágenes del satélite Landsat y Spot-5 del 26 de junio de 2011 y 29 de noviembre de 2011 respectivamente, obtenidas del Servicio Geológico de Estados Unidos y del Instituto Geográfico Nacional (Plan Nacional de Teledetección). Las imágenes Spot y Landsat se han tratado con el programa Erdas Imagine-2013, efectuándose diferentes mejoras espectrales (NDVI, componentes principales y mezcla de bandas) y espaciales (mezcla de resolución entre pancromática y multiespectral y filtros de convolución). También se han realizado fotografías en el campo y obtenido imágenes con un dron al que se le ha acoplado una cámara fotográfica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizaron varias salidas al campo para seleccionar el área de estudio. El área del sureste de Madrid en Cotorredondo entre los términos de Batres y Arroyomolinos ofrecen unos paisajes acarcavados que afectan a la urbanización y, a su vez, es afectado por ella. Como se observa en las fotografías, tanto árboles como casas permanecen en un equilibrio inestable en los bordes de las cárcavas.



Fig. 5. Fotografías que muestran la erosión de los sedimentos arenosos de la Cuenca del Guadarrama. Mayo de 2013.



Fig. 6. Fotografías en las cárcavas de Cotorredondo. Octubre 2015

Es un sector con fuertes pendientes, como se observa en los mapas de las figs. 7 y 8, ya que el río Guadarrama ha excavado los materiales arenosos:

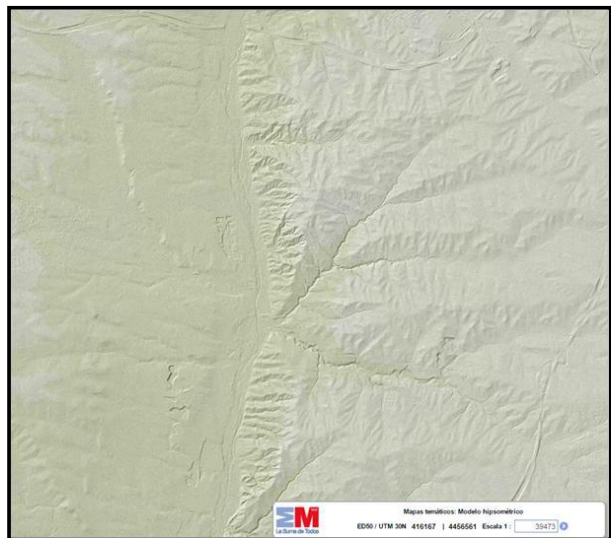
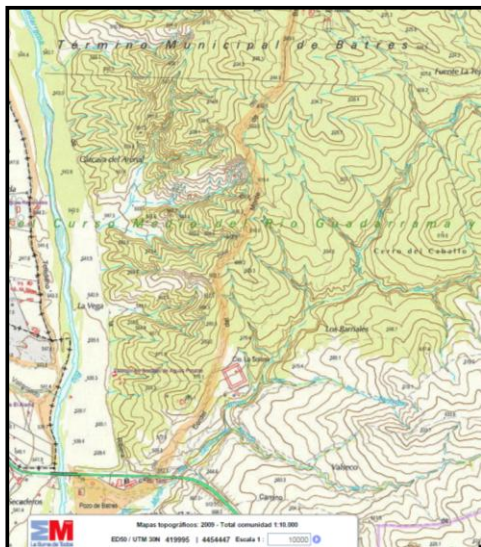


Fig 7. Mapa topográfico y mapa hipsométrico. Fuente: [ww.madrid.org](http://www.madrid.org)

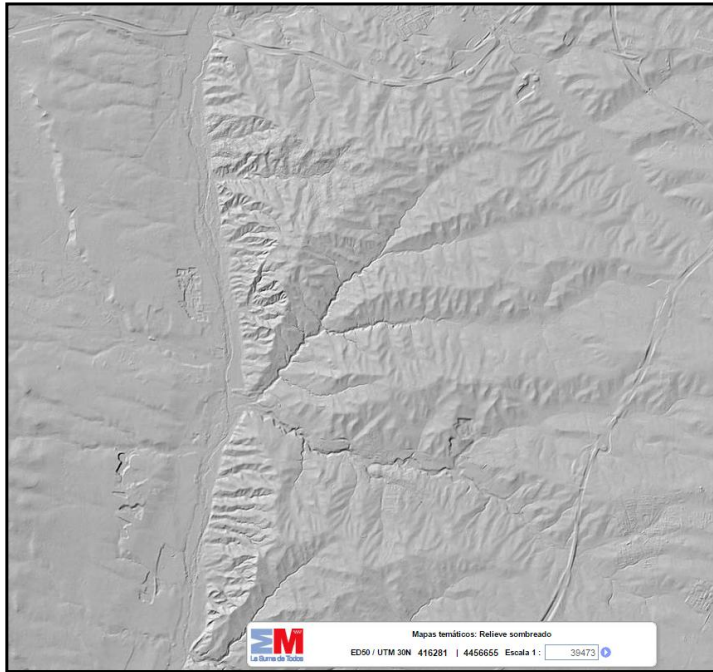


Fig. 8. Relieve sombreado. Fuente: ww.madrid.org

Debido a la importancia que tiene el proceso de acarcavamiento y el riesgo que implica se seleccionó un sector de esta área para sobrevolarlo con un dron y obtener fotografías de la erosión:



Fig. 9. Área de estudio y vuelos del dron

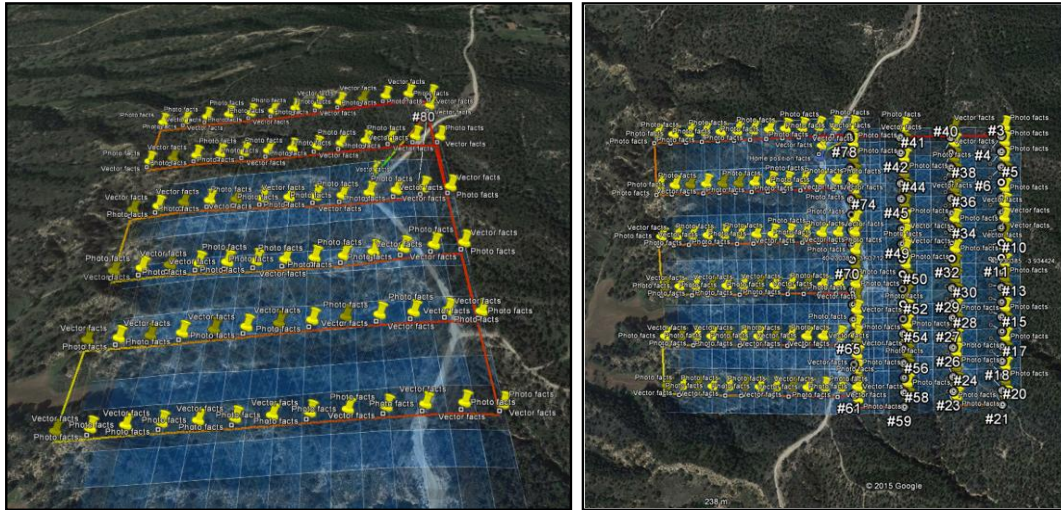


Fig. 10. Deatalle de los vuelos del dron

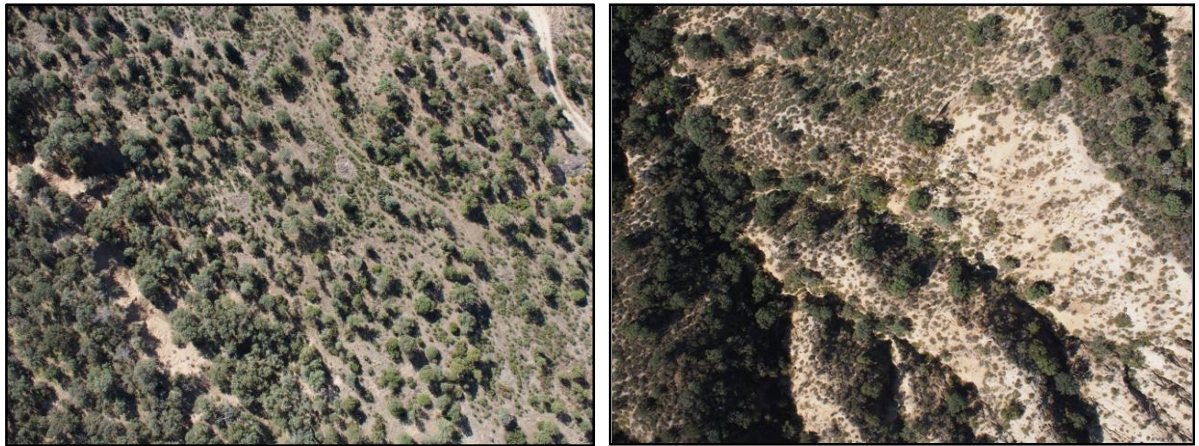


Fig. 11. Fotografías con dron. Espectro visible .Cárcavas. Matorral y bosque de encinas

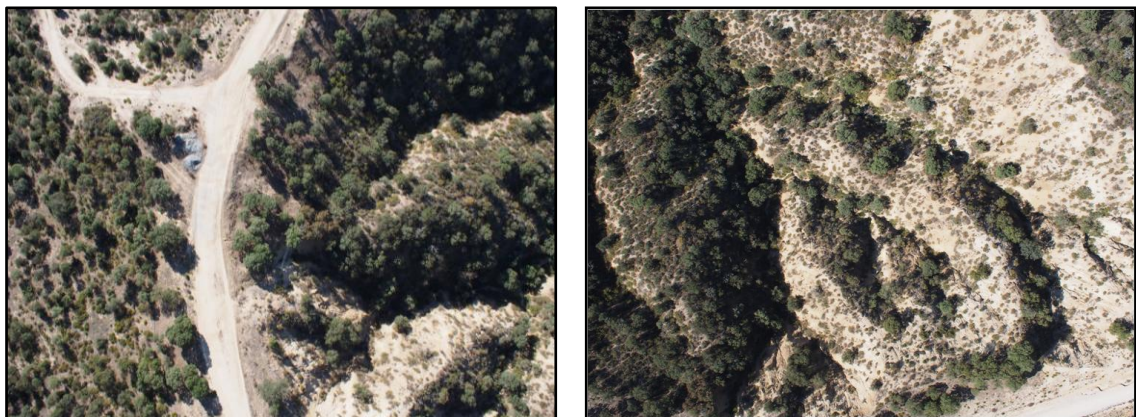


Fig. 12. Fotografías con dron. Espectro visible. Detalle de las cárcavas

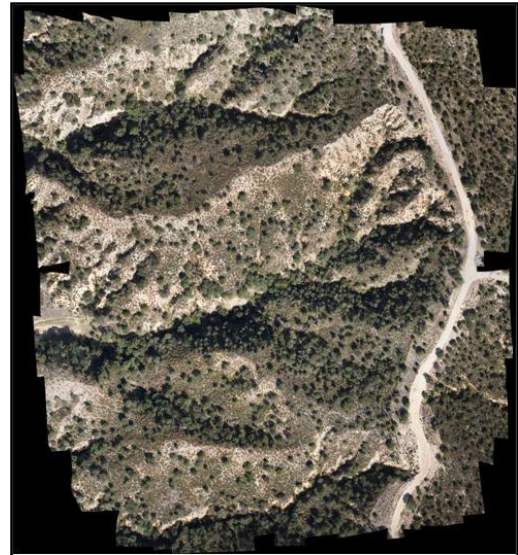


Fig. 13. Fotografías con dron. Espectro visible. Impacto de una pista forestal.

Una vez comprobada la intensa erosión actual mediante las imágenes captadas por el dron y el reconocimiento en el campo se han analizado las fotografías aéreas de la serie histórica para ver el seguimiento de los cambios. En estas fotografías se puede observar las consecuencias de la acción antrópica a lo largo de los años. En 1956 aún no había nada construido y se mantenía casi intacto el bosque original, con algunos caminos cortándolo en sus partes más elevadas. En las fotografías de los años 70 ya se observa la urbanización construida en la cara norte del bosque y el incremento de las pistas forestales. En las fotografías del presente siglo se ve el incremento de la erosión, con mayor número de cárcavas y menor densidad de la masa boscosa.

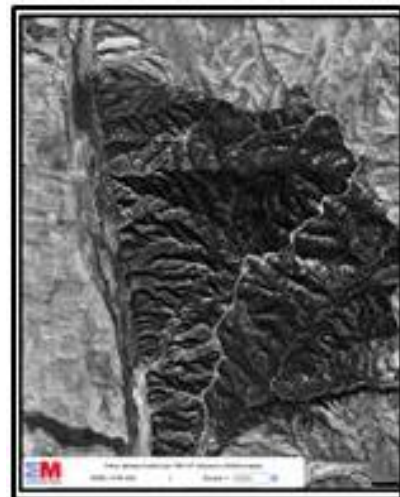
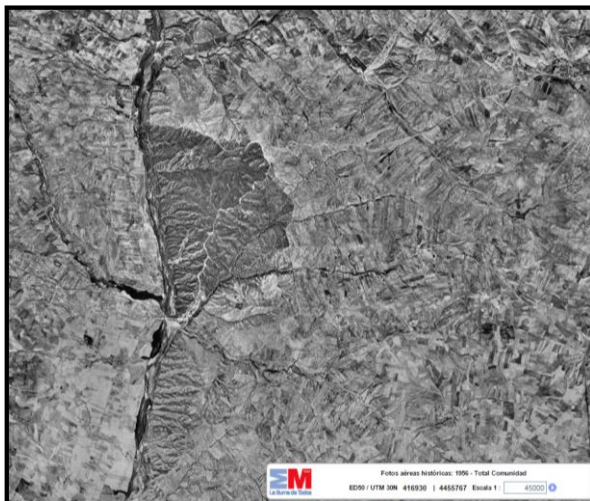


Fig. 14. Fotografías aéreas de 1956 y mosaico 1961-67. Fuente: www.madrid.org

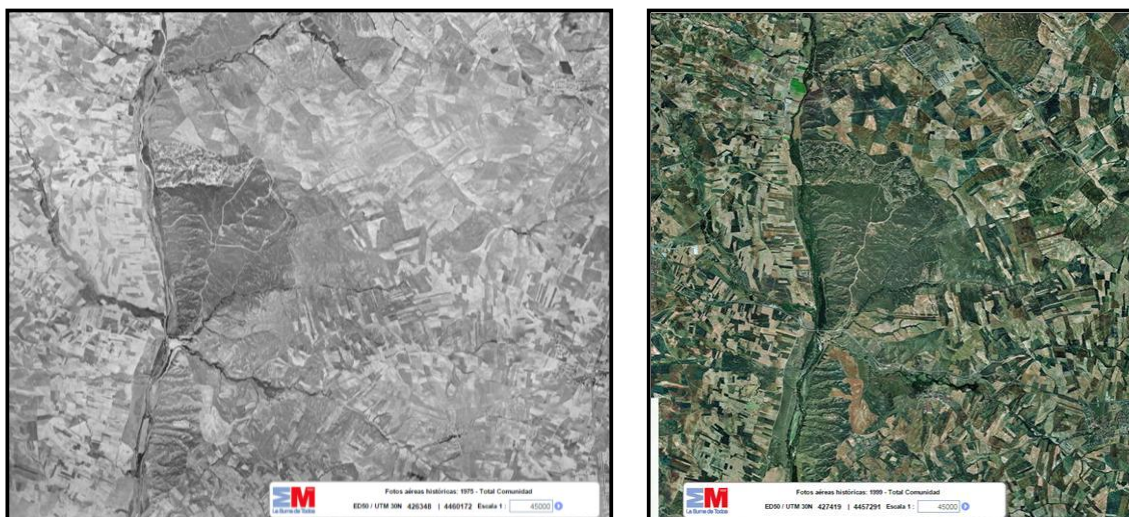


Fig. 15. Fotografías aéreas de 1975 y 1999. Fuente: www.madrid.org



Fig. 16. Fotografía aérea 2006 y fotografía de detalle, alta resolución (15 cm), 2008. Fuente: www.madrid.org

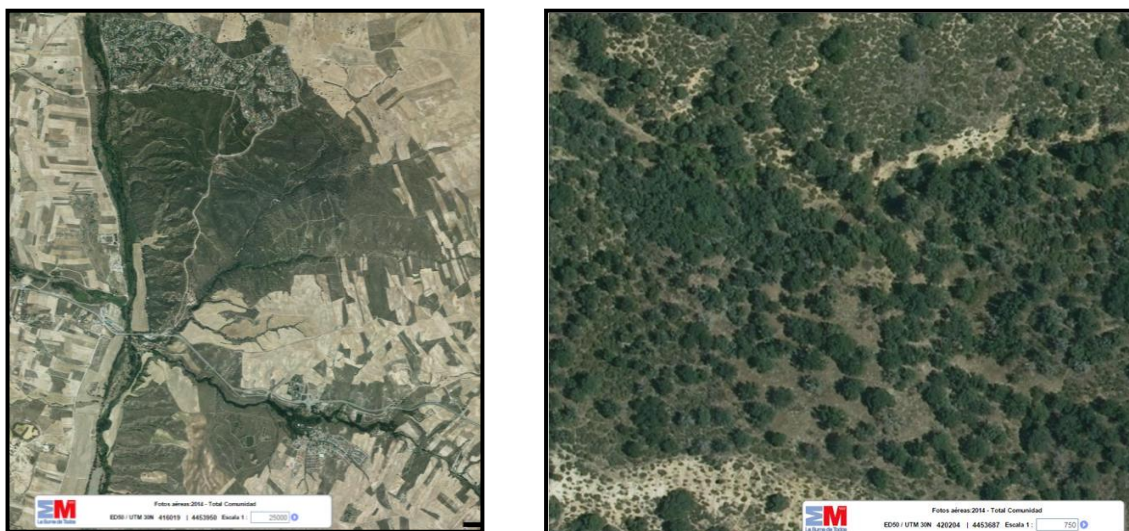


Fig. 17. Fotografía aérea 2014 y fotografía de detalle, alta resolución (25 cm). Fuente: www.madrid.org

Por último, estas fotografías se comparan con imágenes de satélites artificiales de distintas resoluciones espaciales y espectrales:

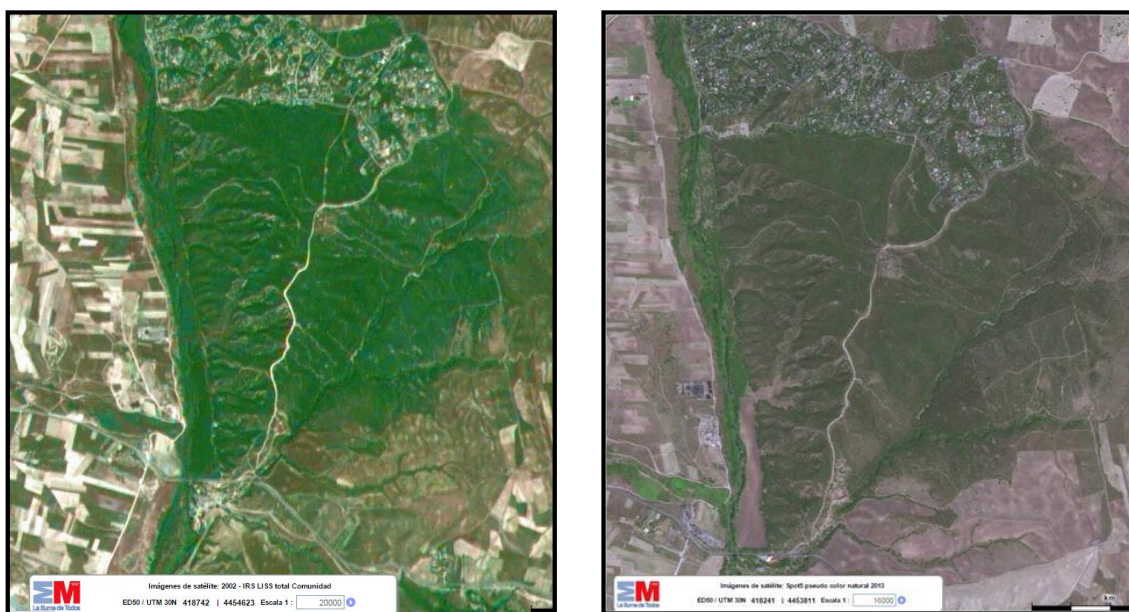


Fig.18. Imagen IRS-LISS 2002 e Imagen Spot 2013, falso color 2,5 m. Fuente: www.madrid.org



Fig. 19. Imagen Ikonos quickbird 2008, 1,5 m resolución

La mayor resolución de estos satélite y la posibilidad de obtener imágenes con canales infrarrojos permite una mejor visualización de todos los elementos del terreno, pudiéndose distinguir los diferentes tipos de vegetación (parcelas de cultivo, bosque de encinas, frondosas) y otras ocupaciones del suelo (infraestructuras, viviendas, etc.).

Pero las imágenes obtenidas del servidor de la Comunidad de Madrid, aún resultando muy útiles, solo permiten un tratamiento visual. Para poder realizar un análisis i digital con el fin de poder mejorar las imágenes para obtener una mayor información, se han descargado imágenes del satélite Spot del servidor del Instituto Geográfico Nacional (www.ign.es) y del satélite Landsat del Servicio Geológico de Estados Unidos (<http://glovis.usgs.gov/>).

Estas imágenes se han sometido a diversos tratamientos digitales, con mejoras espectrales, radiométricas y espaciales con el fin de resaltar las consecuencias del proceso de acarcavamiento y de la actividad antrópica en este territorio.

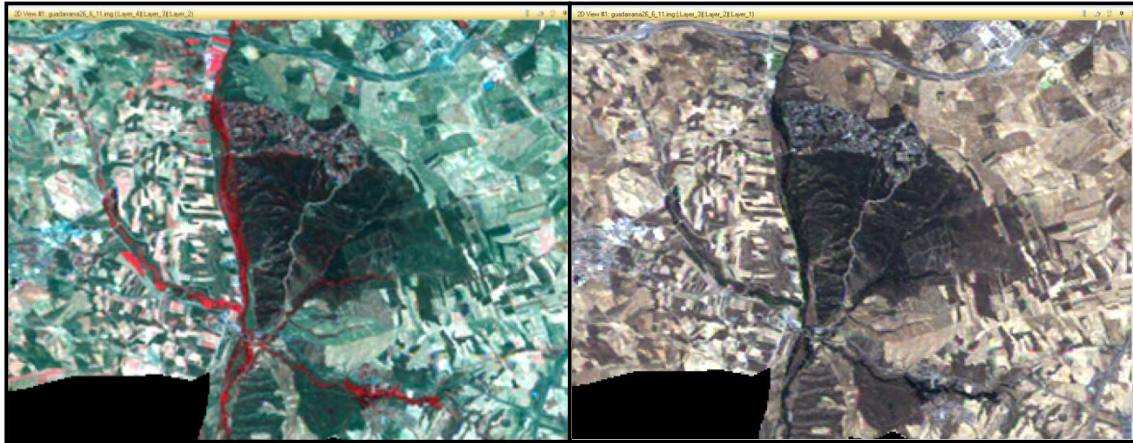


Fig. 20. Imagen Landsat 5 Thematic Mapper 26-06-2011 Bandas 4-3-2 y 3-2-1

En la primera imagen, combinación de canales visible con el infrarrojo próximo se distingue bien la vegetación de ribera siguiendo el curso de los ríos y las parcelas dedicadas a cultivos. En la segunda imagen, espectro visible se distinguen los núcleos urbanos y el bosque de encinas con las consecuencias de la intervención antrópica.



Fig.21. Imagen Spot HVR, 27-08-2011. Bandas 3-2-1

Esta imagen es el resultado de una mejora espacial mezclando la imagen pancromática de alta resolución espacial (2,5 m) con la multiespectral de alta resolución espectral (cuatro canales) obteniéndose una imagen con las ventajas de ambas. A la

imagen resultante se le ha hecho una mejora espacial con un filtro 3x3 que destaca las parcelas urbanizadas (Fig. 22).



Fig. 22. Imagen Spot mezcla pancromática multispectral y filtro 3X3

Mediante esta mejora no solo se reflejan los procesos de erosión sino, sobre todo, el sellado de los suelos mediante la edificación de distintas urbanizaciones. Estas construcciones han crecido en las últimas décadas, sin tener en cuenta el riesgo de erosión y/o de inundación.

Por último se han realizado dos mejoras espectrales (Fig. 23) mediante un análisis factorial en componentes principales y mediante la obtención de un Índice de Vegetación de la Diferencia Normalizada (NDVI).

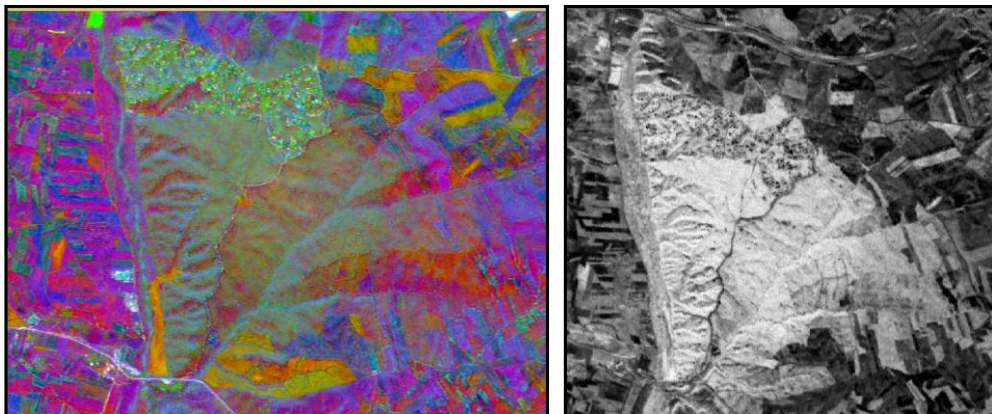


Fig. 23. Imagen Spot de las cárcavas con una mejora espectral mediante análisis factorial en componentes principales y mediante el NDVI

En la primera imagen se distingue claramente la urbanización de Cotorredondo. En la segunda el NDVI muestra en tonos claros la presencia de vegetación, por lo que se observa que esta área, a pesar de tener importantes cárcavas, mantiene, en una extensión notable, un denso arbolado.

Para finalizar el estudio se han utilizado los Mapas de Asociaciones de Suelos i de Capacidad Potencial de Uso Agrícola (Monturiol y Alcalá, 1990), con el fin de saber qué suelos son los más afectados por estos procesos de erosión.

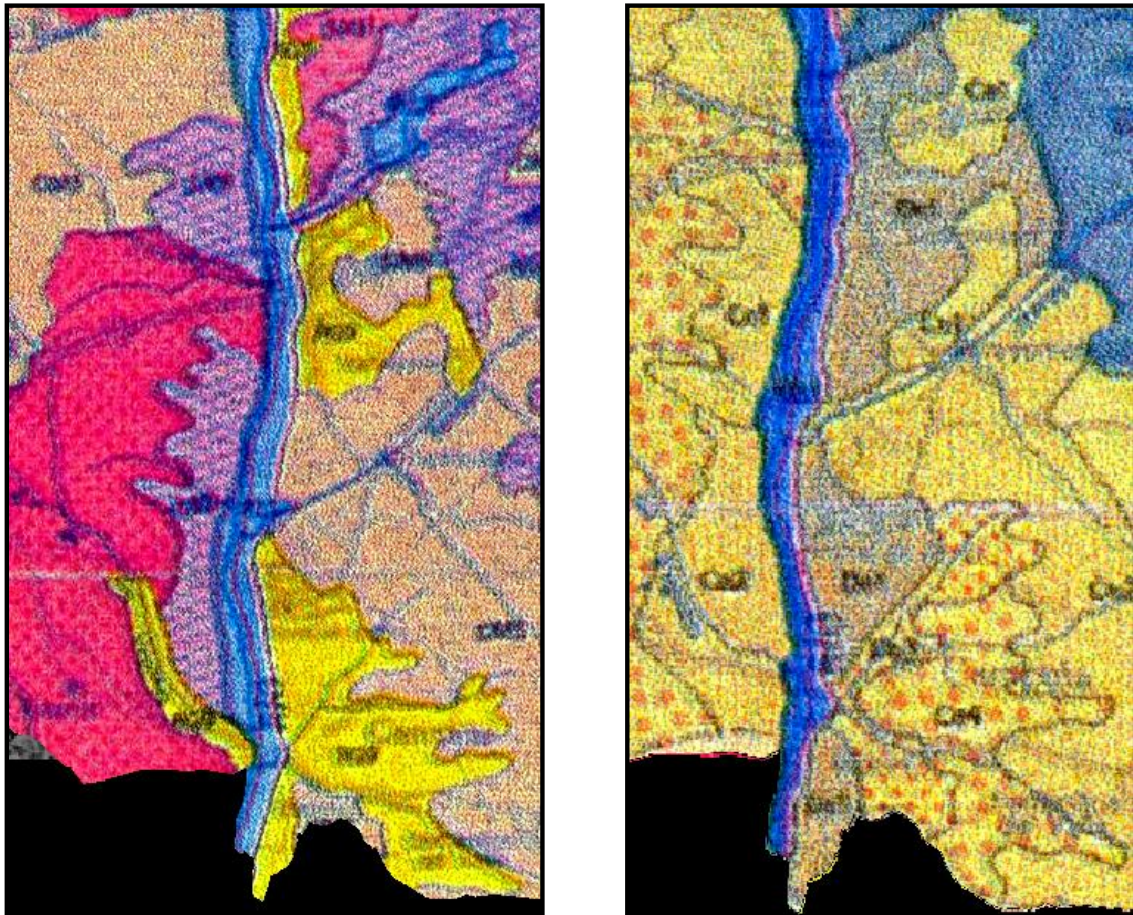


Fig. 25 Mapa de mapa asociación de suelos CAM y mapa de capacidad potencial de uso agrícola. Fuente: Monturiol y Alcalá, 1990.

En el primer mapa se representan en amarillo los regosoles (suelos poco evolucionados, con horizonte AC), que constituyen los suelos dominantes en las cárcavas. En tono pardo los cambisoles (con un horizonte B de alteración), más desarrollados, ocupando amplias extensiones en la orilla derecha del río Guadarrama. En rojo, extendiéndose en la orilla izquierda los luvisoles (con horizontes árgicos). En el segundo mapa se observa que los suelos del área estudiada corresponden a la clase D, suelos pobres debido al alto riesgo de erosión. Están rodeados de suelos de la clase C, con menos erosión y, por tanto más estables y fértiles. Solo en la vega del río Guadarrama aparecen suelos más fértiles.

FUTUROS ESTUDIOS

Este PIMCD ha servido para iniciar los estudios con un dron y poder cotejar sus resultados con los obtenidos con imágenes de satélite y fotografías aéreas. Son, pues, resultados, preliminares., Se ha seleccionado un área pequeña, con el objetivo de poder contrastar resultados y, si éstos son positivos, extrapolarlo a áreas más extensas.

En futuros trabajos se utilizará también la cámara con canales infrarrojos del dron, ya que puede resultar muy útil para el seguimiento de la vegetación.

Todos los datos se contrastarán con trabajo de campo y análisis de muestras en laboratorio.

BIBLIOGRAFÍA

DIAZ_CERVIGNON, J. 2015 Estudio de Índices de vegetación a partir de imágenes aéreas tomadas desde UAVS/RPAS y aplicaciones de estos a la agricultura de precisión. eprints.ucm.es/31423/1/TFM

GARZÓN G. y ALONSO, A. 1996. El río Guadarrama, morfología y sedimentación actuales en un cauce arenoso tipo braided. Cuadernos de Geología Iberica, 21, 360–393.

MONTURIOL, F. y ALCALÁ, L. Mapa de asociaciones de suelos de la Comunidad de Madrid. Escala 1:200.000. C.S.I.C., Comunidad de Madrid. 1ª edición. 71 pp. Madrid. 1990 a.

MONTURIOL, F. y ALCALÁ, L. Mapa de Capacidad Potencial de Uso Agrícola de la Comunidad de Madrid. Escala 1:200.000. C.S.I.C., Comunidad de Madrid. 1ª edición. 31 pp. Madrid. 1990 b.

SANZ DONAIRE, J.J. , GARCÍA RODRÍGUEZ, M.P., PÉREZ GONZÁLEZ, M.E., y NAVARRO MADRID, A. 2014. Casos prácticos de Teledetección y Fotointerpretación en Madrid y Guadalajara. PIMCD 52/2012-13. ISBN 978-84-96877-88-7.

www.ign.es

www.madrid.org

<http://glovis.usgs.gov>

